L22DC

Proponente:
INFRASTRUCTURE
ITALIA LAND 2 S.r.l.
Via del Bosco Rinnovato, 6
20057 – Assago (MI), Italia

Progetto Nuovo Data Center Campus Siziano

VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE
ai sensi del Titolo III del d.lgs. 152/2006

RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI MIL08A

Documento:
4553-L22-ZZ-ZZZ-TRP-ST-0025

Data
30 giugno 2026

Revisione
V.00

ARTURO
FRANCO
LUIGI
DONADIO
24.06.2026
13:42:46
GMT+01:00

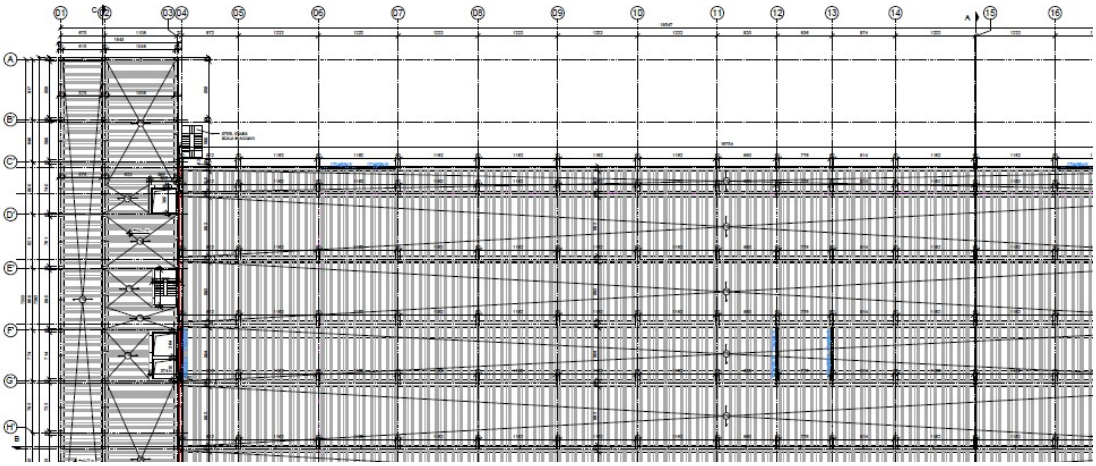
INDEX

1.	INTRODUZIONE	3
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
3.	PROPRIETA' DEI MATERIALI	6
4.	CARICHI DI PROGETTO	7
5.	COMBINAZIONI DI CARICO	12
6.	MODELLO GEOTECNICO	16
7.	FONDAZIONI	17

1. INTRODUZIONE

La presente relazione concerne le verifiche geotecniche delle opere di fondazione relative al progetto per la realizzazione di un nuovo data center nel Comune di Siziano Borgo Casatico (MI).

La carpenteria del piano primo è di seguito mostrata.



Carpenteria piano primo

Il complesso è costituito da:

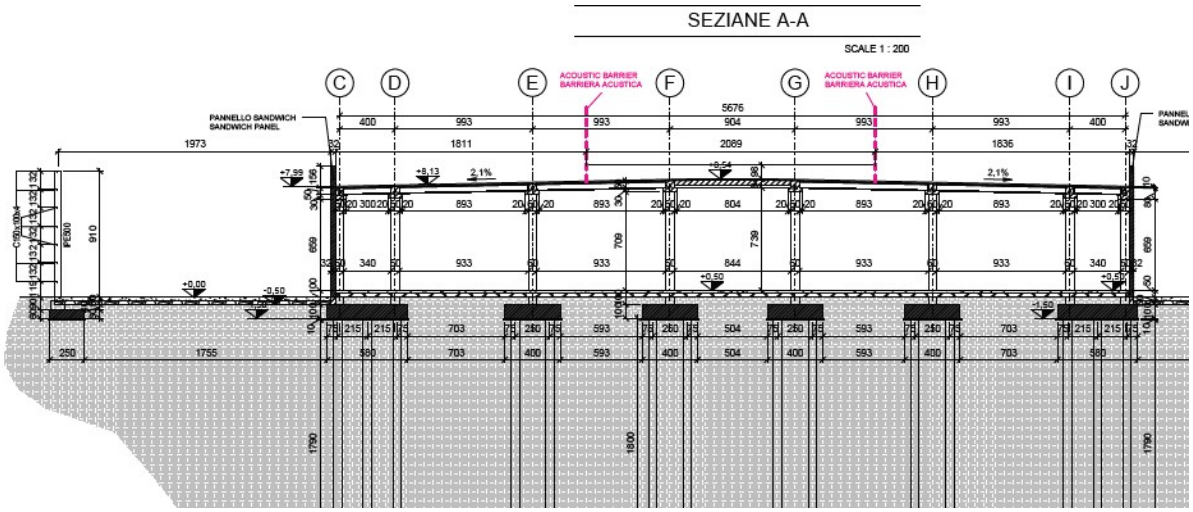
- Data hall 166mx58m (edificio monopiano);
- Uffici 18mx75m (edificio bi-piano).

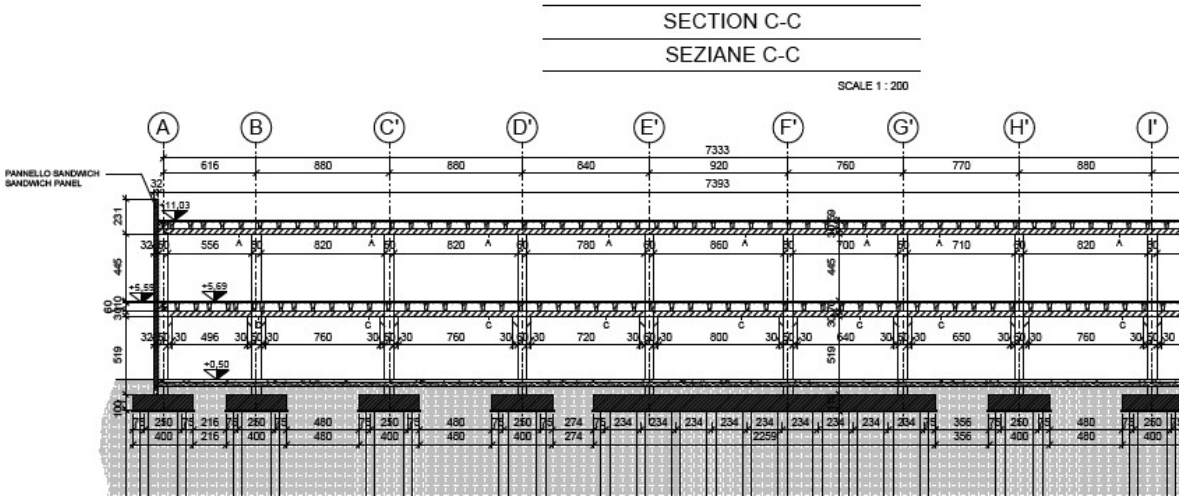
Entrambi gli edifici sono realizzati in struttura prefabbricata c.a./c.a.p.

Il modulo data hall è separato dagli uffici tramite giunto sismico.

Con riferimento alle azioni orizzontali, per gli uffici, sono previste pareti/core in c.a. collegate agli impalcati tramite dispositivi fluido-viscosi non lineari; per la data hall, sono previsti controventi metallici a V rovesciato collegati in testa agli impalcati con dispositivi fluido-viscosi. Tali sistemi dissipativi garantiscono l'operatività dell'infrastruttura anche per eventi sismici aventi periodi di ritorno elevati. Tale aspetto è un requisito molto importante per un edificio destinato ad ospitare data center.

Con riferimento alle strutture di fondazione, considerando le proprietà meccaniche del terreno ottenute dalle indagini geognostiche, al fine di ridurre i cedimenti, sono previsti pali CFA aventi diametro 60cm e lunghezza 15m. I movimenti differenziali dovuti alle azioni sismiche sono assorbite dalla soletta di piano terra.


SEZIANE A-A
SCALE 1 : 200
ACOUSTIC BARRIER
BARRIERA ACUSTICA
PANNELLO SANDWICH
SANDWICH PANEL


SECTION C-C
SEZIANE C-C
SCALE 1 : 200
PANNELLO SANDWICH
SANDWICH PANEL

Sezioni

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le calcolazioni riportate sono state sviluppate in accordo al metodo agli stati limite, con riferimento alle seguenti normative/istruzioni/linee guida:

- DPR 06.06.2001 n° 380: "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia" modificato e integrato ai sensi del D.Lgs 27.12.2002 n° 301.
- D.M. 17.01.2018: "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- CNR-DT 207 R1/2018: "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".
- CNR-DT 211/2014: "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Pavimentazioni di Calcestruzzo".
- UNI EN 15129, dispositivi antisismici.

Quando non in contrasto con le normative sopra riportate, si è fatto riferimento anche a:

- UNI EN 1992-1-1 (2005) "Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici".
- UNI EN 1997-1 (2005) "Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali".
- D.M. 31.07.2012: "Approvazione delle appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici".

3. PROPRIETA' DEI MATERIALI

<u>Calcestruzzo per fondazioni</u>	
Classe	C35/45
Classe di esposizione	XC2
Resistenza a compressione di progetto	f_{cd} = 21.17 MPa
<u>Acciaio per c.a.</u>	
Tipo	B450C
Resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq$ 540.00 MPa
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk} \geq$ 450.00 MPa
Resistenza di progetto	f_{pd} = 391.3 MPa

4. CARICHI DI PROGETTO

Normativa

Carichi	NTC18

Coefficienti parziali di sicurezza

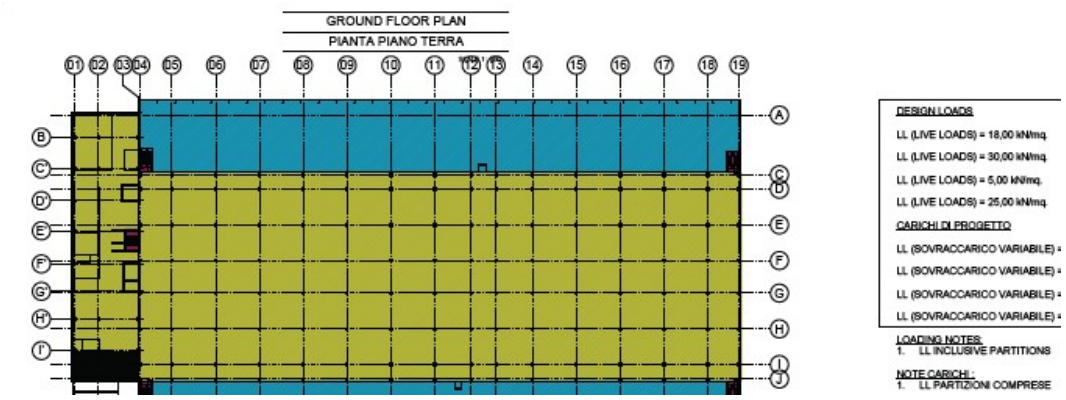
Carichi permanenti strutturali	1.3
Sovraccarichi permanenti e variabili	1.5

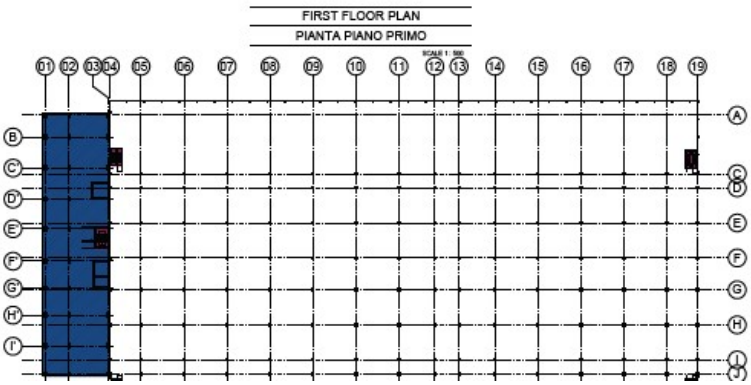
Carichi gravitazionali

Il peso specifico degli elementi strutturali modellati viene computato in automatico dal software:

- Acciaio γ_a = 78.5 kN/m^3
- c.a. γ_c = 25.0 kN/m^3

Nelle figure di seguito riportate sono indicati i sovraccarichi di progetto.





DESIGN LOADS

SID (SUPERIMPOSED DEAD LOADS) = 7
LL (LIVE LOADS) = 12,80 kN/mq.

SID (SUPERIMPOSED DEAD LOADS) = 1
LL (LIVE LOADS) = 5,00 kN/mq

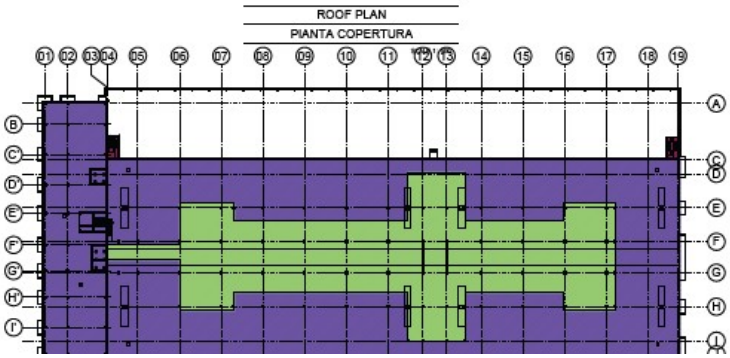
CARICHI DI PROGETTO

SID (SOVRACCARICO PERMANENTE NO
LL (SOVRACCARICO VARIABILE) = 12,8

SID (SOVRACCARICO PERMANENTE NO
LL (SOVRACCARICO VARIABILE) = 5,00

LOADING NOTES:
1. LL INCLUSIVE PARTITIONS

NOTE CARICHI :
1. LL PARTIZIONI COMPRESE



DESIGN LOADS

SID (SUPERIMPOSED DEAD LOADS) = 5,50 kN
LL (LIVE LOADS) = 1,20 kN/mq

SID (SUPERIMPOSED DEAD LOADS) = 1,50 kN
LL (LIVE LOADS) = 10,00 kN/mq.

SID (SUPERIMPOSED DEAD LOADS) = 1,00 kN
LL (LIVE LOADS) = 5,00 kN/mq

CARICHI DI PROGETTO

SID (SOVRACCARICO PERMANENTE NON STR
LL (SOVRACCARICO VARIABILE) = 1,20 kN/mq.

SID (SOVRACCARICO PERMANENTE NON STR
LL (SOVRACCARICO VARIABILE) = 10,00 kN/m

SID (SOVRACCARICO PERMANENTE NON STR
LL (SOVRACCARICO VARIABILE) = 5,00 kN/mq

Neve

Con riferimento al Comune di Siziano Borgo Casatico, si ha:

- Altitudine a_s = 93m s.l.m.
- Carico neve al suolo: q_{sk} = 1.50 kN/m^2 (Zona I-Mediterranea, a_s < 200 m s.l.m.)
- Coefficiente di forma: μ_1 = 0.8 (inclinazione falde 0 ≤ α ≤ 30°).
- Coefficiente termico: C_E = 1,0.
- Coefficiente di esposizione: C_t = 1.0

In accordo alle NTC18, si ha:

$$q_s = \mu_1 \times q_{sk} \times C_E \times C_t = 1.20 \text{ kN/m}^2$$

Vento

- Zona 1: Lombardia.
- Classe di rugosità D.
- Categoria di esposizione II.
- Periodo di ritorno TR = 50 anni.

La pressione del vento è data dalla seguente relazione:

$$p = q_b \times c_e \times c_p \times c_d$$

q_b è la pressione cinetica di riferimento;
c_e è il coefficiente di esposizione;
c_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento;
c_d è il coefficiente dinamico calcolato in accordo all'appendice L delle istruzioni CNR DT207 R1/2018 (c_d=0.8 per gli edifici e c_d=1.0 per le barriere acustiche).
Considerato che l'altitudine del sito è minore di a_0 = 1000 m s.l.m., la velocità di riferimento è:

$$v_r = v_b = v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

Quindi, la pressione cinetica di riferimento vale:

$$q_b = 0.5 \times \rho \times v_b^2 = 390.63 \text{ N/m}^2 \ (\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3\text{, densità dell'aria})$$

I parametri che definiscono il coefficiente di esposizione c_e (z) sono:

$$k_r = 0{,}19$$
$$z_0 = 0{,}05 \text{ m}$$
$$z_{min} = 4.0 \text{ m}$$
$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0)\,[7 + c_t \ln(z/z_0)] \text{ per } z \geq z_{min}$$
$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \text{ per } z < z_{min}$$

I coefficienti aerodinamici sono stati calcolati in accordo al paragrafo C3.3.8 della circolare n. 7/2019 per gli edifici. Invece, per le barriere acustiche/muri, si è fatto riferimento alle istruzioni CNR DT207 R1/2018.

Cp	Cd	Ct	Ce	z
1,00	1,00	1,00	2,13	12.3 m

Pressione del vento

$$p = qr\ Ce\ Cp\ Cd = 0.83 \text{ kN/mq}$$

Variazioni termiche

In accord ai requisiti del cliente ("STEER-BWE-XX-XX-RP-N-00004" del 16/10/2023), più cautelativi rispetto alle prescrizioni delle NTC18, si considerano le seguenti variazioni termiche:

- per strutture in c.a. non esposte +30-15°C;
- per strutture in acciaio esposte +/-50°C.

Azione sismica

Per il sito in oggetto, si ha:

Regione:	Lombardia
Comune:	Siziano
Longitudine:	9.214115
Latitudine:	45.324619
Vita nominale:	V_N = 50 anni
Classe d'uso II:	C_u = 1.0
Categoria del sottosulo:	Cat. C
Categoria topografica:	T1

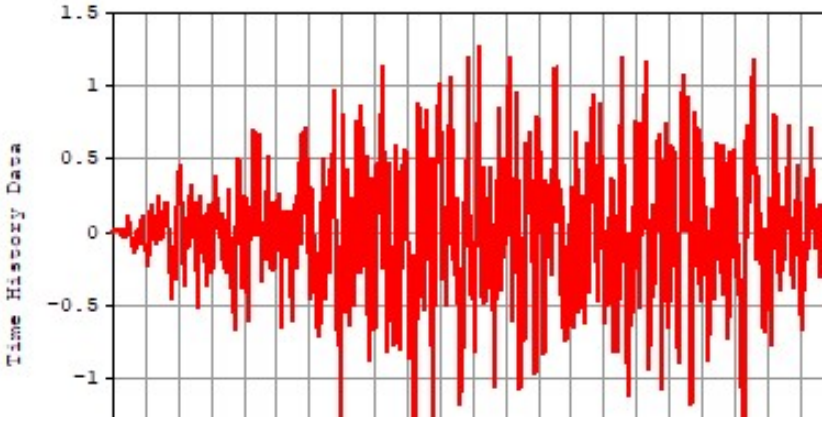
Va notato che la vita nominale/classe d'uso non sono stati assunti quali dati di base per il calcolo del periodo di ritorno dell'azione sismica, essendo le performance concordate con il Cliente di gran lunga superiori di quelle previste dalle NTC18. Si specificano di seguito gli stati limite di riferimento e le relative performance:

- Operatività della struttura (SLO) → T_R = 1950 anni;
- Resistenza (SLV/SLC) → T_R = 2475 anni.

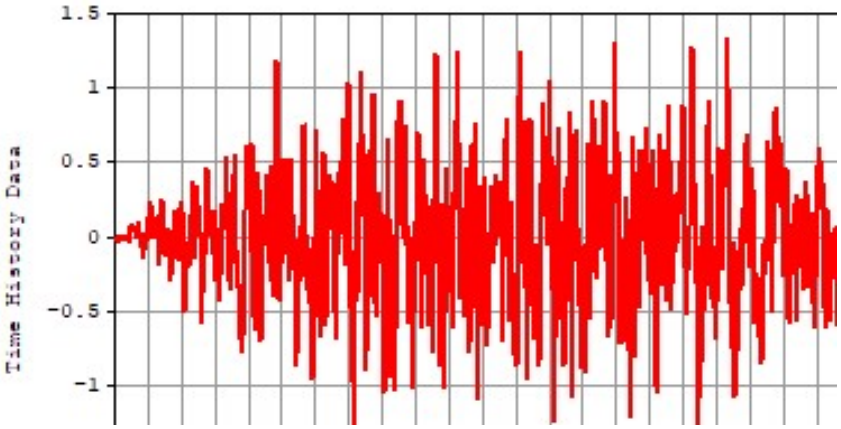
L'analisi sismica delle strutture in elevazione è stata eseguita mediante analisi dinamica non lineare FNA. Si rimanda alla relazione di calcolo per maggiori dettagli.

Si riportano di seguito gli spettri e gli accelerogrammi impiegati.

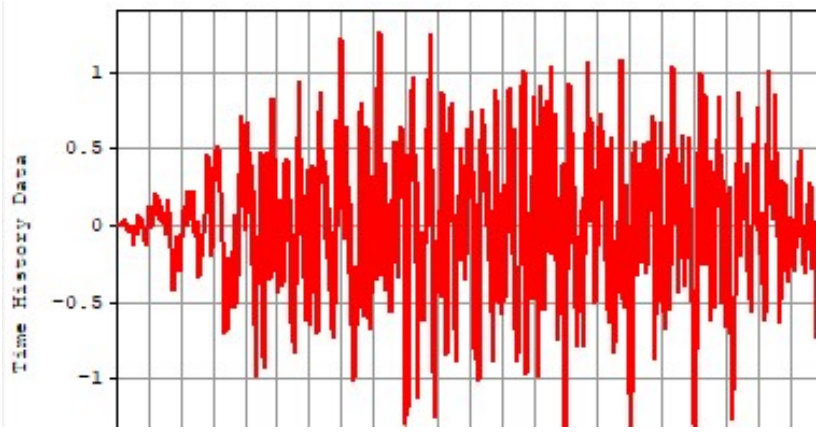
Spettro elastico 2475 anni



Accelerogramma 1 – 2475 anni



Accelerogramma 2 – 2475 anni



Accelerogramma 3 – 2475 anni

5. COMBINAZIONI DI CARICO

SLU

$F_d = \gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_Q \times [Q_{k1} + \Sigma\psi_{0,i} \times Q_{k,i}]$

$\gamma_{G1} = 1.3$ permanente strutturale ($\gamma_{G1} = 1.0$ se favorevole);

$\gamma_{G2} = 1.5$ permanente non strutturale ($\gamma_{G2} = 0.8$ se favorevole);

$\gamma_Q = 1.5$ variabile ($\gamma_Q = 0$ se favorevole);

$\psi_{0,i} = 0.5$ neve;

$\psi_{0,i} = 1.0$ variabile cat. E;

$\psi_{0,i} = 0,6$ vento;

$\psi_{0,i} = 0.6$ variazioni termiche.

SLE (caratteristica):

$F_d = E + G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Sigma\psi_{0,i} \times Q_{k,i}$

SLE (frequente):

$F_d = E + G_1 + G_2 + P + \psi_{1,i}\, Q_{k1} + \Sigma\psi_{0,i} \times Q_{k,i}$

$\psi_{1,i} = 0.2$, $\psi_{2,i} = 0.0$ per carico neve;

$\psi_{1,i} = 0.9$, $\psi_{2,i} = 0.8$ per carichi variabili cat. E;

$\psi_{1,i} = 0.2$, $\psi_{2,i} = 0.0$ per azione del vento;

$\psi_{1,i} = 0.5$, $\psi_{2,i} = 0.0$ per variazioni termiche.

SLE (quasi permanente):

$F_d = E + G_1 + G_2 + P + \Sigma\psi_{2,i} \times Q_{k,i}$

Azione sismica:

$F_d = E + G_1 + G_2 + P + \Sigma\psi_{2,i} \times Q_{k,i}$

Con riferimento alle azioni sismiche, considerato che sono stati impiegati 3 set di accelerogrammi, in accordo al paragrafo 7.3.5 delle NTC18 gli effetti sulle strutture sono rappresentati da quelli massimi.

Si riporta di seguito la lista delle combinazioni di carico.

```
DESIGN TYPE : Concrete Design
-----------------------------

LIST OF LOAD COMBINATIONS
==============================================================================
NUM  NAME          ACTIVE              TYPE
                LOADCASE(FACTOR) +              LOADCASE(FACTOR) +
==============================================================================
1    SLU           Strength/Stress     Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +
 +                    Q( 1.500) +              PANNELLI( 1.500)
------------------------------------------------------------------------------
2    SLU1          Strength/Stress     Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +
 +                    Q( 1.500) +               VENTO Y( 1.500) +
 +          DT (+50+30)( 0.900)
------------------------------------------------------------------------------
3    SLU2          Strength/Stress     Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +
 +                    Q( 1.500) +              PANNELLI( 1.500) +
 +          DT (+50+30)( 0.900)
------------------------------------------------------------------------------
4    SLU3          Strength/Stress     Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +
 +                    Q( 1.500) +               VENTO Y(-1.500) +
 +          DT (+50+30)( 0.900)
------------------------------------------------------------------------------
5    SLU4          Strength/Stress     Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +
 +                    Q( 1.500) +              PANNELLI( 1.500) +
 +          DT (+50+30)( 0.900)
------------------------------------------------------------------------------
6    SLU5          Strength/Stress     Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +
 +                    Q( 1.500) +               VENTO Y( 1.500) +
 +          DT (-50-15)( 0.900)
------------------------------------------------------------------------------
7    SLU6          Strength/Stress     Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +
 +                    Q( 1.500) +              PANNELLI( 1.500) +
 +          DT (-50-15)( 0.900)
------------------------------------------------------------------------------
8    SLU7          Strength/Stress     Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +
 +                    Q( 1.500) +               VENTO Y(-1.500) +
 +          DT (-50-15)( 0.900)
```

```
                    G1( 1.300) +                    G2( 1.500) +
 +                   Q( 1.500) +              PANNELLI( 1.500) +
 +          DT (+50+30)( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------
12   SLU11         Strength/Stress    Add
                    G1( 1.300) +                    G2( 1.500) +
 +                   Q( 1.500) +               VENTO Y(-0.900) +
 +          DT (+50+30)( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------
13   SLU12         Strength/Stress    Add
                    G1( 1.300) +                    G2( 1.500) +
 +                   Q( 1.500) +              PANNELLI( 1.500) +
 +          DT (+50+30)( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------
14   SLU13         Strength/Stress    Add
                    G1( 1.300) +                    G2( 1.500) +
 +                   Q( 1.500) +               VENTO Y( 0.900) +
 +          DT (-50-15)( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------
15   SLU14         Strength/Stress    Add
                    G1( 1.300) +                    G2( 1.500) +
 +                   Q( 1.500) +              PANNELLI( 1.500) +
 +          DT (-50-15)( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------
16   SLU15         Strength/Stress    Add
                    G1( 1.300) +                    G2( 1.500) +
 +                   Q( 1.500) +               VENTO Y(-0.900) +
 +          DT (-50-15)( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------
17   SLU16         Strength/Stress    Add
                    G1( 1.300) +                    G2( 1.500) +
 +                   Q( 1.500) +              PANNELLI( 1.500) +
 +          DT (-50-15)( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------
18   SLU17         Strength/Stress    Add
                    G1( 1.000) +                    G2( 0.800) +
 +             PANNELLI( 0.800) +          DT (+50+30)( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------
19   SLU18         Strength/Stress    Add
                    G1( 1.000) +                    G2( 0.800) +
 +              VENTO X( 1.500) +          DT (+50+30)( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------
20   SLU19         Strength/Stress    Add
                    G1( 1.000) +                    G2( 0.800) +
 +             PANNELLI( 0.800) +          DT (+50+30)( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------
21   SLU20         Strength/Stress    Add
                    G1( 1.000) +                    G2( 0.800) +
 +              VENTO X(-1.500) +          DT (+50+30)( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------
22   SLU21         Strength/Stress    Add
                    G1( 1.000) +                    G2( 0.800) +
 +             PANNELLI( 0.800) +          DT (-50-15)( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------
23   SLU22         Strength/Stress    Add
```

```
-----------------------------------------------------------------------------
27   SLU26          Strength/Stress    Add
                      G1( 1.000) +                    G2( 0.800) +            P
 +              VENTO X( 0.900) +          DT (+50+30)( 1.500)
-----------------------------------------------------------------------------
28   SLU27          Strength/Stress    Add
                      G1( 1.000) +                    G2( 0.800) +
 +             PANNELLI( 0.800) +          DT (+50+30)( 1.500)
-----------------------------------------------------------------------------
29   SLU28          Strength/Stress    Add
                      G1( 1.000) +                    G2( 0.800) +            P
 +              VENTO X(-0.900) +          DT (+50+30)( 1.500)
-----------------------------------------------------------------------------
30   SLU29          Strength/Stress    Add
                      G1( 1.000) +                    G2( 0.800) +
 +             PANNELLI( 0.800) +          DT (-50-15)( 1.500)
-----------------------------------------------------------------------------
31   SLU30          Strength/Stress    Add
                      G1( 1.000) +                    G2( 0.800) +            P
 +              VENTO X( 0.900) +          DT (-50-15)( 1.500)
-----------------------------------------------------------------------------
32   SLU31          Strength/Stress    Add
                      G1( 1.000) +                    G2( 0.800) +
 +             PANNELLI( 0.800) +          DT (-50-15)( 1.500)
-----------------------------------------------------------------------------
33   SLU32          Strength/Stress    Add
                      G1( 1.000) +                    G2( 0.800) +            P
 +              VENTO X(-0.900) +          DT (-50-15)( 1.500)
-----------------------------------------------------------------------------
34   ENV_SLU        Strength/Stress    Envelope
                       SLU( 1.000) +                  SLU1( 1.000) +
 +                    SLU3( 1.000) +                  SLU4( 1.000) +
 +                    SLU6( 1.000) +                  SLU7( 1.000) +
 +                    SLU9( 1.000) +                 SLU10( 1.000) +
 +                   SLU12( 1.000) +                 SLU13( 1.000) +
 +                   SLU15( 1.000) +                 SLU16( 1.000) +
 +                   SLU18( 1.000) +                 SLU19( 1.000) +
 +                   SLU21( 1.000) +                 SLU22( 1.000) +
 +                   SLU24( 1.000) +                 SLU25( 1.000) +
 +                   SLU27( 1.000) +                 SLU28( 1.000) +
 +                   SLU30( 1.000) +                 SLU31( 1.000) +
-----------------------------------------------------------------------------
35   ENV_TH1        Strength(Elastic)  Add
                      G1( 1.000) +                    G2( 1.000) +            P
 +                     Q( 0.800) +                     1( 1.000)
-----------------------------------------------------------------------------
36   ENV_TH_02      Strength(Elastic)  Add
                      G1( 1.000) +                    G2( 1.000) +
 +                     2( 1.000) +              PANNELLI( 1.000)
```

6. MODELLO GEOTECNICO

Sulla base della relazione geologica, si riporta di seguito il modello geotecnico di riferimento.

Profondità (m)	γ (kN/m^3)	Φ (°)	c' (kN/mq)	E [kg/cm^2]
da 0.0m a 10.0m	18.0	27	20	100
> 10.0m	19.0	35	0	400

Dove:

- γ peso terreno;
- Φ angolo di attrito;
- c coesione;
- E modulo elastico.

La quota della falda di progetto è pari a -2.20 m dal piano campagna attuale.

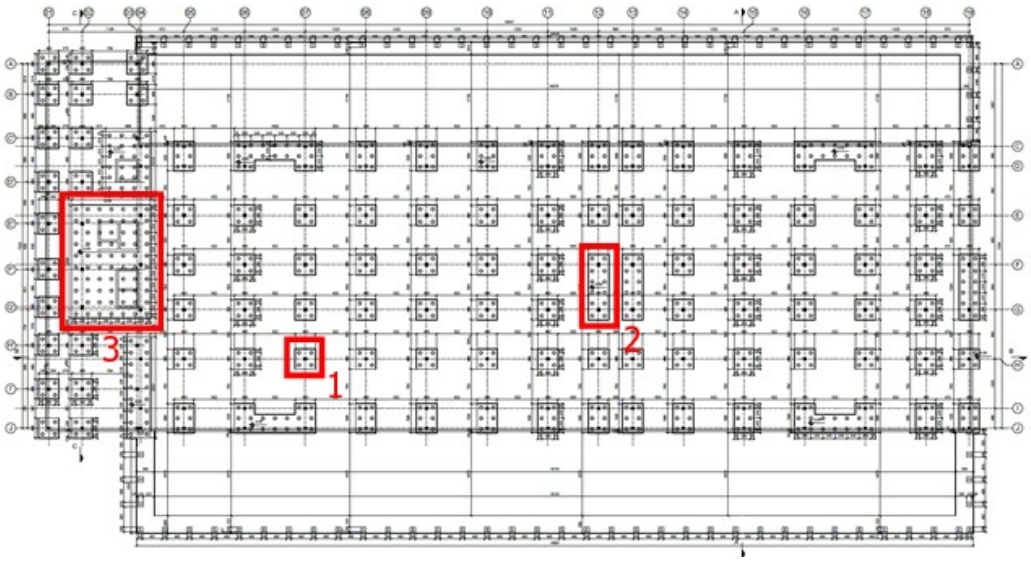
Ai fini delle analisi sismiche, le indagini geofisiche hanno determinato una categoria di sottosuolo tipo C.

7. FONDAZIONI

Considerato che i pali assolvono alla sola funzione di regolazione dei cedimenti, le verifiche geotecniche sono state eseguite in accordo ai paragrafi 6.4.2 e 7.11.5.3.1 delle NTC18 (combinazioni A1+M1+R3) in termini di: carico limite verticale (γ_{Rd}=2.3) e scorrimento sul piano di posa (γ_{Rd}=1.1). È stata inoltre valutata la compatibilità rispetto ai cedimenti attesi.

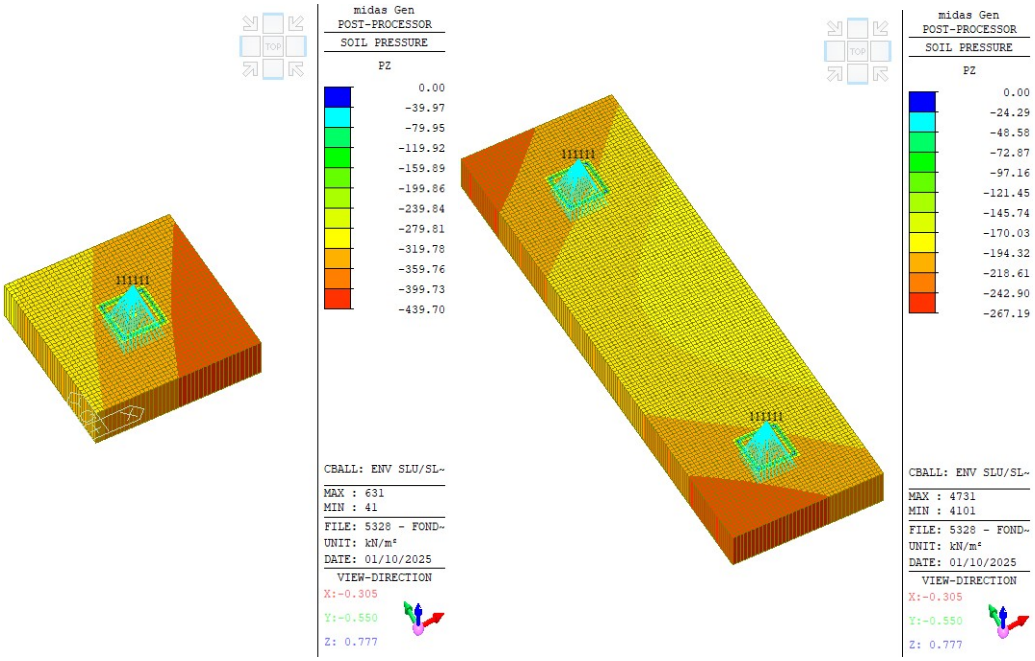
Tutte le fondazioni sono realizzate con plinti/platee aventi pali Ø60 di lunghezza 15.00m.

Di seguito sono riportate le verifiche GEO/STR delle fondazioni tipologiche evidenziate nella figura che segue. La medesima procedura è stata applicata per tutte le tipologie di fondazione.

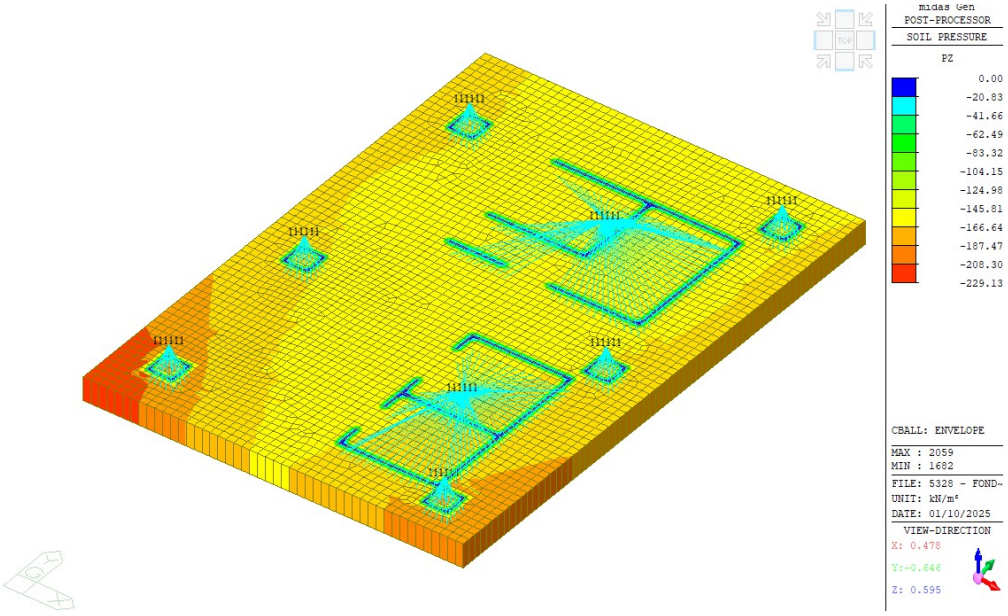


Pianta fondazioni

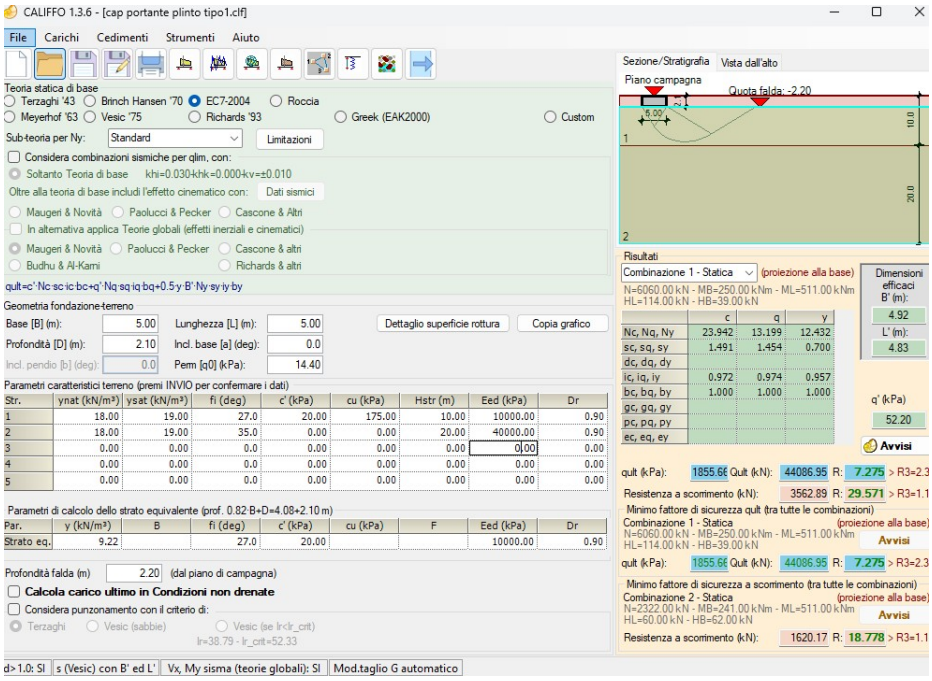
Capacità portante e scorrimento (GEO)
Si mostra di seguito l'inviluppo delle pressioni SLU/SLV.



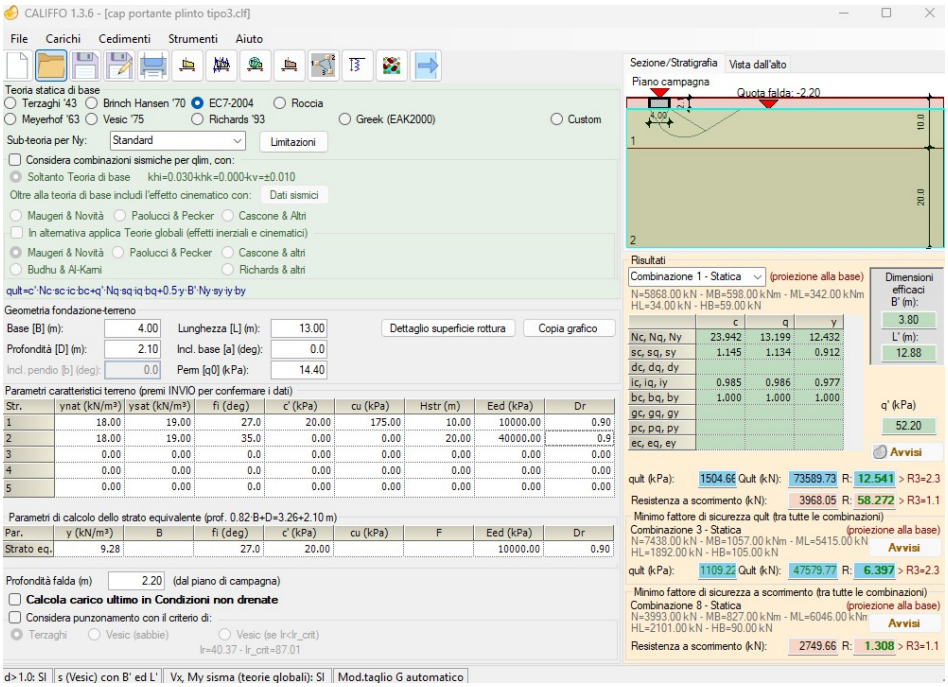
Data Hall (tipo 1 e 2): inviluppo pressioni sul terreno SLU/SLV



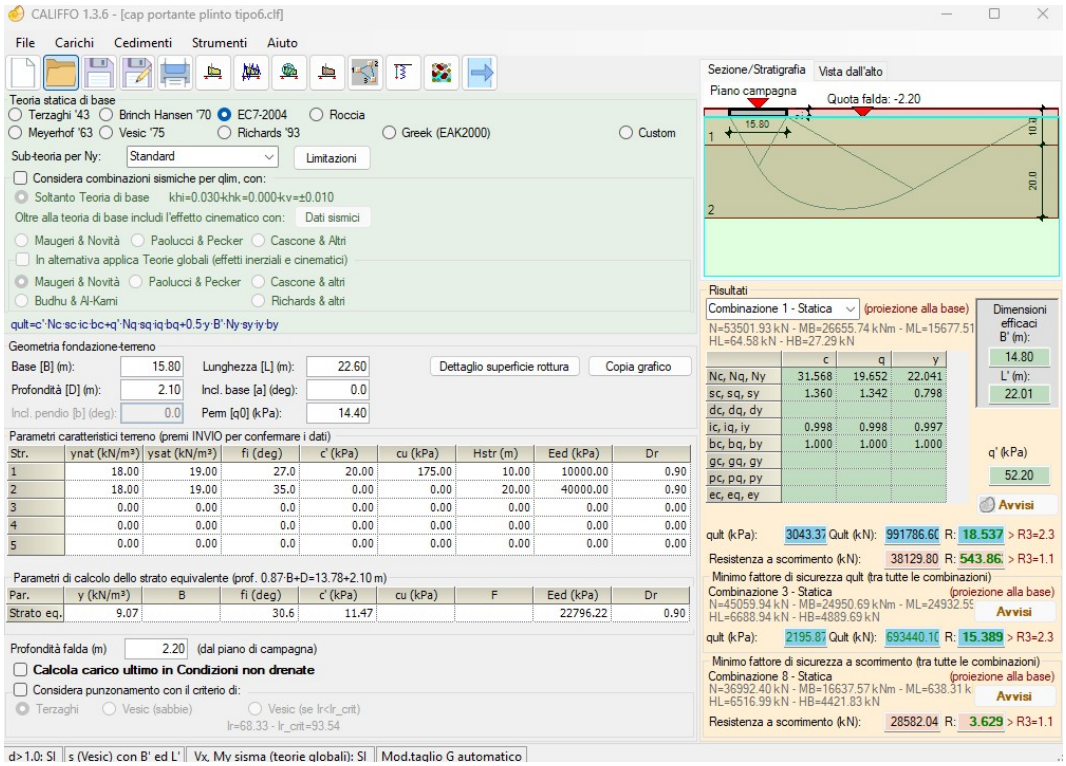
Uffici (tipo 3): inviluppo pressioni sul terreno SLU/SLV



Verifiche GEO fondazione tipo 1

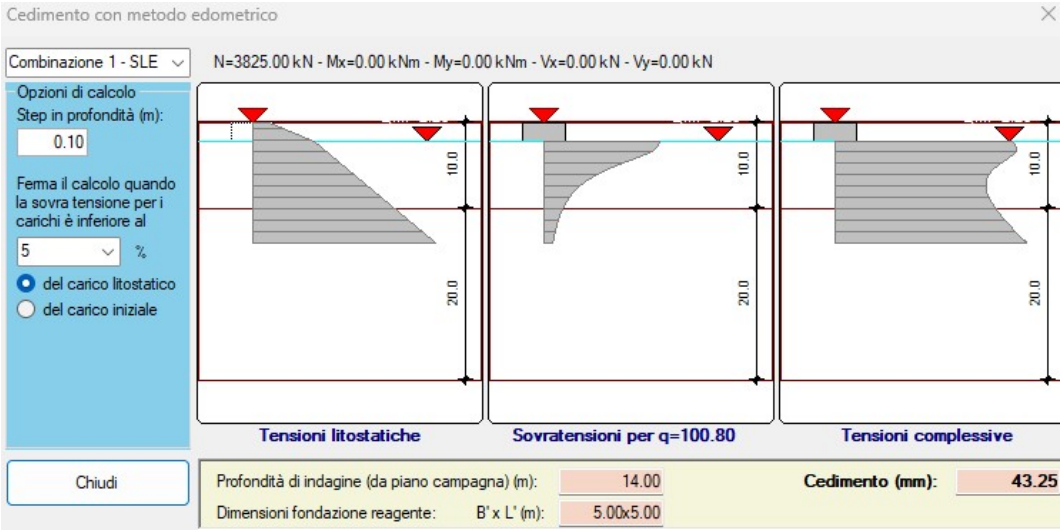


Verifiche GEO fondazione tipo 2



Verifiche GEO fondazione tipo 3

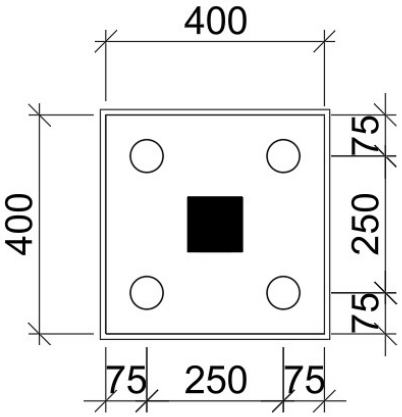
Cedimenti



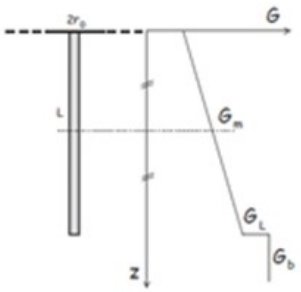
Cedimenti fondazione tipo 1 (senza pali)

Si osserva che il cedimento della fondazione superficiale tipo 1 (senza pali) non è compatibile con la funzionalità dell'opera.

Pertanto, al fine di ridurre l'entità dei cedimenti, sono stati introdotti pali aventi diametro 60cm, lunghezza 15m e interasse 2.5m.

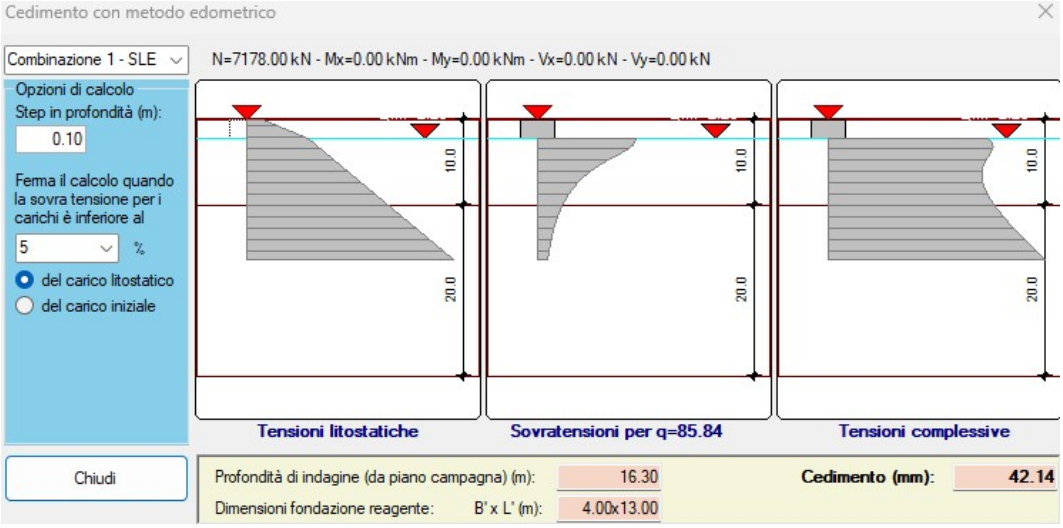


PALO SINGOLO	Randolph & Wroth 1978			
Q	1086	kN		
fi_palo	600	mm		
Lpalo	15000	mm		
EL	22	MPa		
GL	8.8	MPa		
vi	0.3			
eta=rb/r0	1			
xi=GL/Gb	1			
ro=Gm/GL	1			
labda=Ep/EL	1454.545455			
zita	4.47		1.050287	
muxL	0.88		62.16127	
w	5.42	mm	cedimento palo singolo con Ep-->infinito	
w	6.95	mm	cedimento palo singolo con Ep reale	
kp	156248.53	kN/m	rigidezza palo singolo	



PLINTO QUADRATO CON 4 PALI TE COEFFICIENTI DI INTERAZIONE				
int pali	2500.00	mm		
np	4.00			
s2	2500.00			
s3	2500.00			
s4	3525.00			
xi*	1.35		1.037384	
zita*	11.18		26.82073	
muxL	0.88			
w	12.73	mm	cedimento palo singolo con Ep-->infinito	
w	15.91	mm	cedimento palo singolo con Ep reale	2.289187
kp	68255.05	kN/m	rigidezza palo singolo con interazione	

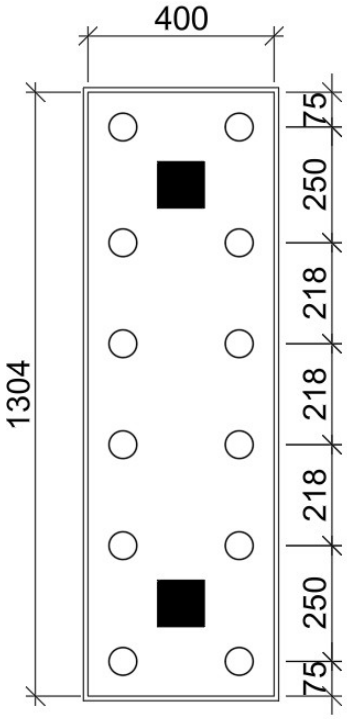
Cedimenti fondazione su pali tipo 1



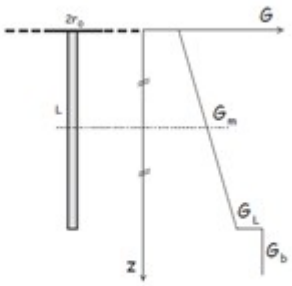
Cedimenti fondazione tipo 2 (senza pali)

Si osserva che il cedimento della fondazione superficiale tipo 2 (senza pali) non è compatibile con la funzionalità dell'opera.

Pertanto, al fine di ridurre l'entità dei cedimenti, sono stati introdotti pali aventi diametro 60cm, lunghezza 15m e interasse 2.5m.



PALO SINGOLO	Randolph & Wroth 1978		
Q	728	kN	
fi_palo	600	mm	
Lpalo	15000	mm	
EL	22	MPa	
GL	8.8	MPa	
vi	0.3		
eta=rb/r0	1		
xi=GL/Gb	1		
ro=Gm/GL	1		
labda=Ep/EL	1455		



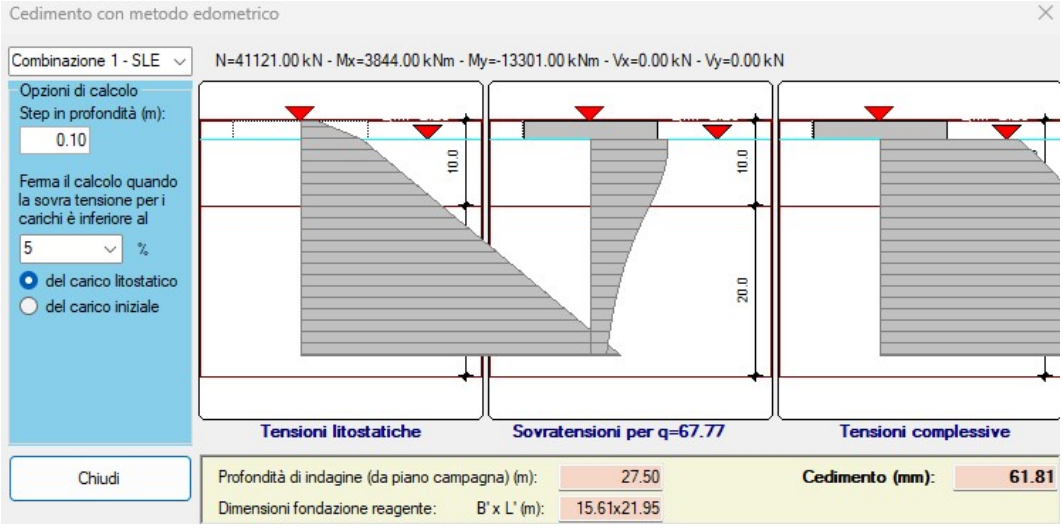
zita	4.47		1.050287
muxL	0.88		62.16127
w	3.63	mm	cedimento palo singolo con Ep-->infinito
w	4.66	mm	cedimento palo singolo con Ep reale
kp	156248.53	kN/m	rigidezza palo singolo

int pali	2500.00	mm
np	12.00	

Poulos e Davis 1980

R	1.41	
Rg	0.18	2.179636
Rg,max	0.44	5.242641
wgruppo,m	10.16	cedimento gruppo medio

Cedimenti fondazione su pali tipo 2

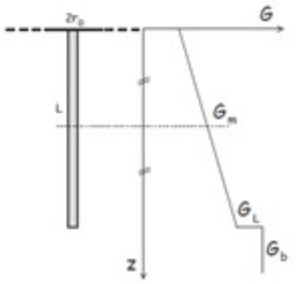


Cedimenti fondazione tipo 3 (senza pali)

Si osserva che il cedimento della fondazione superficiale tipo 3 (senza pali) non è compatibile con la funzionalità dell'opera.

Pertanto, al fine di ridurre l'entità dei cedimenti, sono stati introdotti pali aventi diametro 60cm, lunghezza 15m e interasse 2.5m.

PALO SINGOLO	Randolph & Wroth 1978		
Q	717	kN	
fi_palo	600	mm	
Lpalo	15000	mm	
EL	22	MPa	
GL	8.8	MPa	
vi	0.3		
eta=rb/r0	1		
xi=GL/Gb	1		
ro=Gm/GL	1		
labda=Ep/EL	1455		
zita	4.47		1.050287
muxL	0.88		62.16127
w	3.58	mm	cedimento palo singolo con Ep-->infinito
w	4.59	mm	cedimento palo singolo con Ep reale
kp	156248.53	kN/m	rigidezza palo singolo



int pali	2500.00	mm
np	18.00	

Poulos e Davis 1980

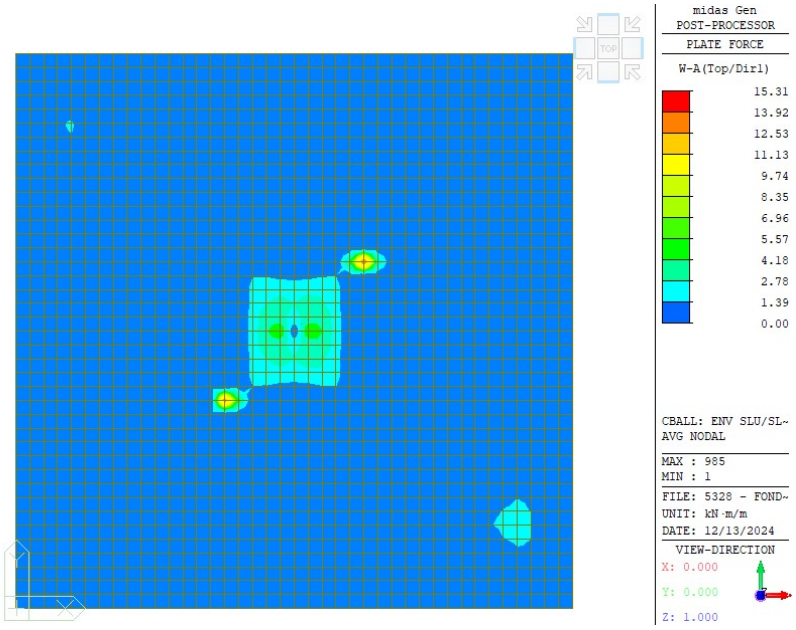
R	1.73	
Rg	0.14	2.486644
Rg,max	0.34	6.196152
wgruppo,m	11.42	cedimento gruppo medio

Cedimenti fondazione su pali tipo 3

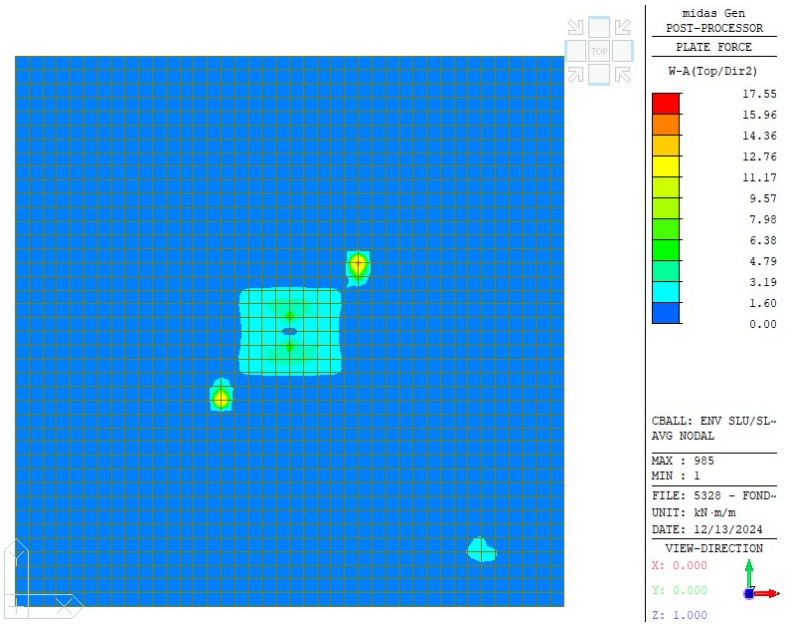
I valori dei cedimenti sono, in tutti i casi, inferiori a 25mm e pertanto compatibili con la funzionalità dell'opera.

Verifiche STR

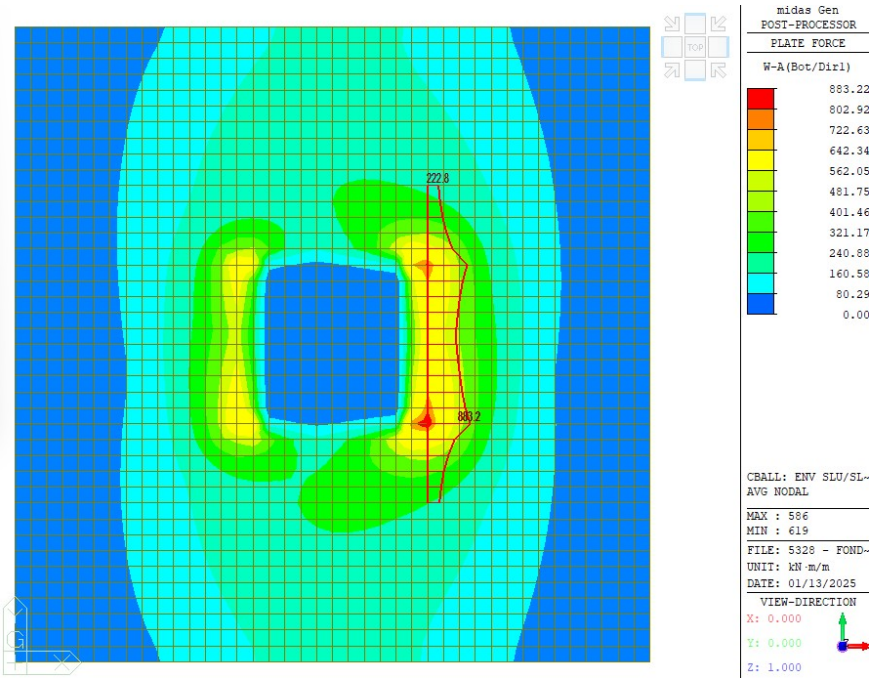
Con riferimento alla fondazione tipo 1, si riportano di seguito le mappe di inviluppo SLU/SLV dei momenti flettenti di Wood-Armer.



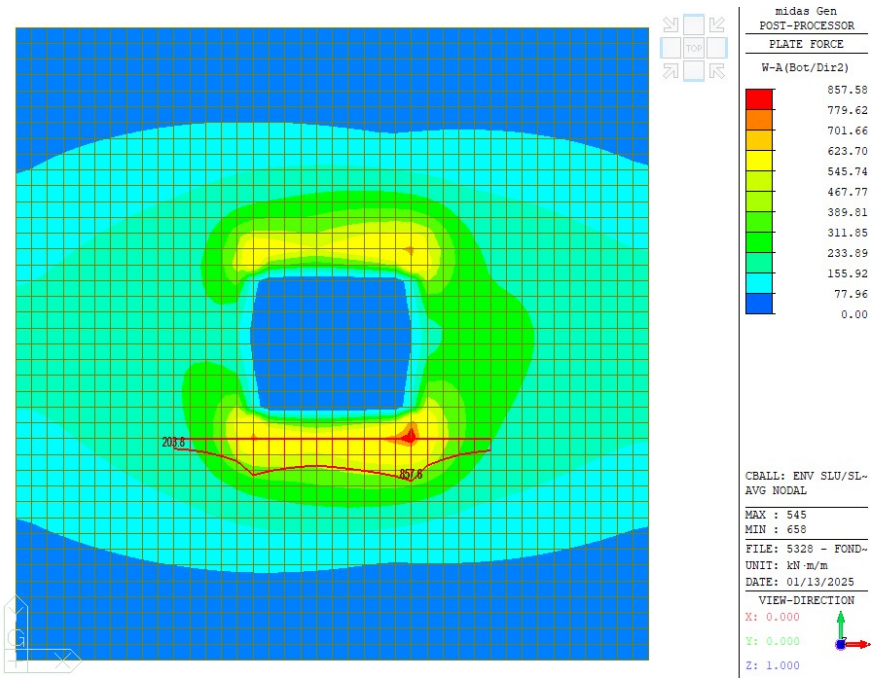
Inviluppo SLU/SLV Wood-Armer sup. Dir. X



Inviluppo SLU/SLV Wood-Armer sup. Dir. Y



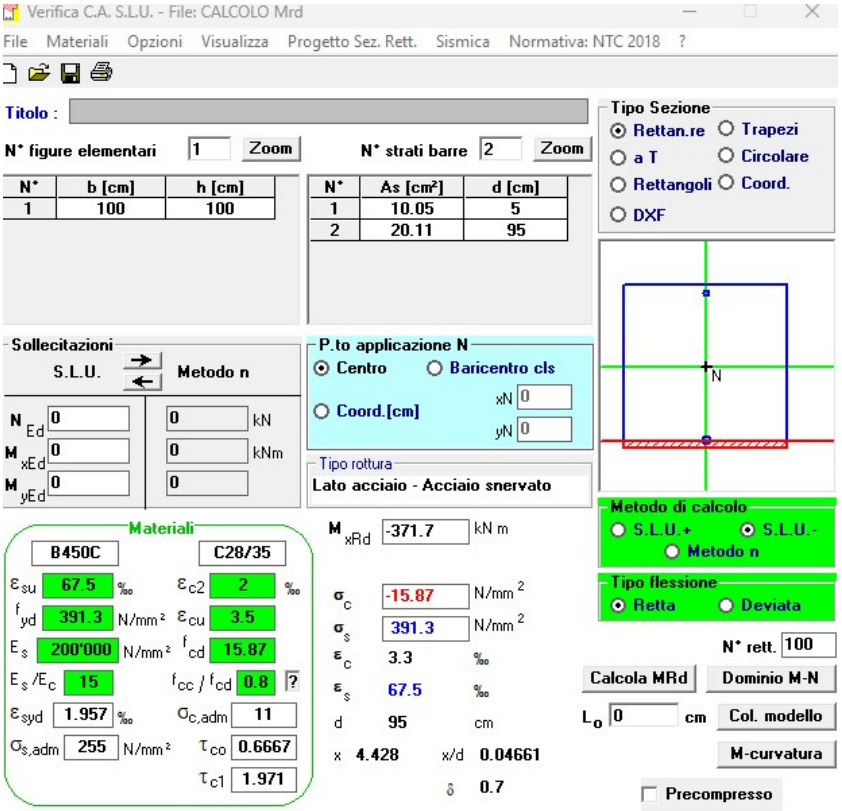
Inviluppo SLU/SLV Wood-Armer inf. Dir. X



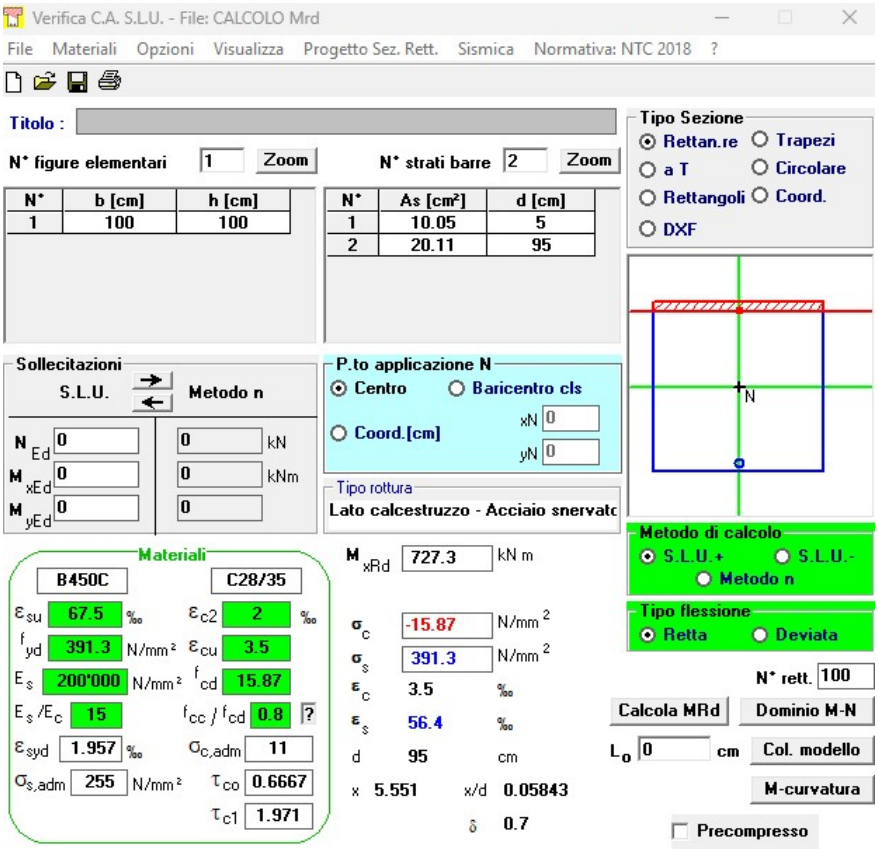
Inviluppo SLU/SLV Wood-Armer inf. Dir. Y

Integrando le sollecitazioni flessionali di progetto su una larghezza di 2.0m, il momento flettente massimo è pari a 523 kNm/ml.

Considerando un'armatura ø16/20cmx20cm sup. e ø16/10cmx10cm inf. si riportano di seguito i valori dei momenti resistenti.



Momento resistente negativo



Momento resistente positivo

Le verifiche flessionali risultano essere soddisfatte.

Con riferimento alla verifica a punzonamento (paragrafo 6.4 EC2), al bordo dell'area caricata, si ha:

$$v_{Ed} = 1.15 \times 6060 \text{ kN} \times 1000 / (950\text{mm} \times 4 \times 1000\text{mm}) = 1.83 \text{ MPa}$$
$$v_{Rd,max} = 0.4 \times 0.5 \times f_{cd} = 3.48 \text{ MPa} > v_{Ed} \text{ (verifica soddisfatta).}$$

Si riporta quindi la verifica eseguita sul perimetro critico da cui risulta che non è necessaria armatura specifica a punzonamento.

Materiali

Classe di Calcestruzzo C25/30			f_{cd} =	14.2 N/mm²
Armatura a Flessione B450B			$f_{yd,bar}$ =	391.3 N/mm²

Geometria

Spessore piastra	h_d =	1'000 mm		
Dimensioni della Lastra	i =	4'000 mm	j =	4'000 mm
Altezza utile della piastra	d_x =	951 mm	d_y =	967 mm
Copriferro dell'armatura	c_u =	25 mm	c_o =	25 mm
Percentuale d'armatura	ρ_x =	0.21 %	ρ_y =	0.21 %
Area di armatura/m	A_{sx} =	2'011 mm²	A_{sy} =	2'011 mm²
Barre di armatura	$Ø_x$ =	16/100 mm	$Ø_y$ =	16/100 mm
Colonna quadrata	a =	1'000 mm		
Luogo	Centro			

Carichi

Carico di punzonamento	V_{Ed} =	6'060.0 kN	Fattore β=	1.15
Pressione del suolo	q_d =	378 kN/m²	ΔV =	948.9 kN
Forza Dinamica	V_{dyn} =	0.0 kN	$(V_{Ed}-2*\Delta V)*\beta$ =	4'786.5 kN

Perimetro di controllo interno

Lunghezza interna	u_1 =	8'156 mm			
Riduzione della lunghezza	Δu_1 =	0 mm		$u_1-\Delta u_1$ =	8'156 mm
	$C_{Rd,c}$ =	0.1			
Resistenza senza armatura di punzonamento	$v_{Rd,c}$ =	733.7 kN/m²	>	v_{Ed} =	611.9 kN/m²

Armatura a punzonamento non necessaria